

# STOP EXTRA

PENTRONIC

Pentronic AB, 590 93 Gunnebo, telefon 0490-25 85 00, fax 0490-237 66, internet www.pentronic.se, e-post info@pentronic.se

## Det är temperaturskillnaden som driver fram u-båtarna



– Temperaturen är direkt förknippad med motorns effekt, berättar Tommy Backheim. Därför har Kockums lagt ned stor omsorg på temperaturmätningen.

**Stirlingmotorn påminner om ett termoelement. Den drivs av temperaturskillnad, men istället för en spänning blir resultatet kraft nog att hålla en u-båt under vatten i flera veckor.**

**För att komma dit krävs genomtänkt temperaturmätning.**

Stirlingmotorn konstruerades 1816 av den skotske kyrkoministern Robert Stirling. Den är ett stycke tillämpad termodynamik och bygger på att en arbetsgas värms upp och kyls ned. Gasen expanderar och komprimeras beroende på temperaturen, vilket i ursprungsmotorn driver två kolvar kopplade till en vevaxel. Dagens motorer har fyra kolvar.

Värmen kan skapas på valfritt sätt, t ex genom förbränning eller solenergi. Förbränningen är kontinuerlig och därmed kan utsläppen hållas mycket låga. Bränslet kan vara allt från gas eller diesel till sågspån.

### **Kväve stannar på land**

Sverige är världsledande på området sedan United Stirling startade i Malmö 1968 av Kockums och FFV. Då var inriktningen motorer för bussar, bilar och u-båtar. Stirlingmotorn fick aldrig något genombrott på land. Däremot visade den sig vara överlägsen dieselmotorn under vatten.

– Stirlingmotorn förlänger tiden under vatten från några dagar till flera veckor, berättar Tommy Backheim, konstruktör för Stirlingmotorer på Kockums.

Idag sitter en Stirlingmotor i alla operativa svenska u-båtar. Den körs under vatten utan snorkel och laddar batterierna som i sin tur driver fartyget. Motorn är mycket tyst och närmast vibrationsfri. Förbränningen sker under tryck, vilket betyder att den lilla mängden avgaser som bildas kan skickas ut i det omgivande havet.

– Avgasröret är inte grövre än en tumme, säger Tommy.

Den lilla avgasmängden har två förklaringar. Dels är förbränningen effektiv, dels består bränslet av miljödiesel och ren syrgas istället för luft. Luften består av 80 procent kvävgas som mest är till besvär i en motor. Kvävet får stanna uppe i luften.

### **Snabba byten med precision**

Motorn drivs av en temperaturskillnad. På den kalla sidan är det 20-40°C, på den varma runt 750°C. Ju bättre temperaturen kan styras, desto effektivare blir motorn. Därför har Kockums i många år samarbetat med Pentronic för att utveckla de optimala temperaturgivarna.

– Vi behöver inte mäta på tiondelarna, men vi måste ligga inom termoelementens

tolerans i minst 2 000 timmar, förklarar Tommy.

Timmarna är tiden mellan översynerna av motorn. Om en givare felar måste den snabbt kunna bytas under fältmässiga förhållanden.

– Tillsammans med Pentronic har vi utvecklat en givarsond med åtta mantlade termoelement och en gemensam kopplingsplint, berättar Tommy.

Givarna mäter på värmeväxlarna som värmer arbetsgasen. Särskilda snabbfästen har utvecklats för att givarspetsarna ska hamna på samma ställe varje gång.

Ytterligare fyra termoelement finns i förbränningsrummet och dess ejektorhus. Det är data från dessa givare och ett antal tryckgivare som styr motorn.

### **Miljövänlig kraft**


Hårdare miljökrav kan leda till att Stirlingmotorn i framtiden får civila tillämpningar. I USA pågår försök med Stirlingmotorer som producerar el med hjälp av koncentrerat solljus. Utsläppen är noll och även med vanlig förbränning är Stirlingmotorn mycket renare än vanliga kolvmotorer. Den kan även köras på förnybara biobränslen.

Så vem vet, Stirling kanske lever upp igen även på land. 



För 30 år sedan gjordes flera och lyckade försök med Stirlingmotorer i bilar. Hårdare miljökrav kan göra motorn aktuell igen.

## **Enkel egenkontroll av mätutrustning**

Läs i bilagan om hur du med enkla medel kan säkerställa funktionen, upprätthålla spårbarheten och glesa ut externa kalibreringar på din mätutrustning. 

Sugpyrometern tillhör standardutrustningen för att kontrollera förbränningstemperaturen i stora pannor. På senare år har nya beräkningsmetoder utvecklats, med potential att minska mätosäkerheten hos sugpyrometern. Ingen har tyvärr kontrollerat hur de fungerar i praktiken.

Nu har Elisabet Blom, chefskonsult vid ÅF i Linköping, fått i uppdrag att utarbeta en ny handbok för konstruktion och hantering av sugpyrometrar utifrån de nya beräkningsmetoderna.

- Förra gången det gjordes var 1973, berättar hon.

Uppdraget kommer från Värmeforsk. Pentronic medverkar i projektet genom att bidra med mätkunskap, kalibrering och viss utrustning.

I projektet ingår också ett examensarbete för Peter Nyqvist, blivande civilingenjör med maskinteknisk inriktning på Linköpings tekniska högskola, LiTH. Handledaren Elisabet är även industridoktorand i Mekanisk värmeteori och strömningslära vid LiTH.

### Flöde minskar påverkan

Vad är då en sugpyrometer? Enkelt uttryckt är det ett flera meter långt stålrör med ett manteltermoelement inuti. Stålröret är i sin tur utvändigt försett med vattenkylning.



Peter Nyqvist, LiTH, lossar tre sugpyrometrar från biltaket och begrundar hur dessa kommer att inverka på mätresultatet.

## Sugande högtemperaturmätning visar att typ N fungerar bättre



Elisabet Blom vid ÅF i Linköping inspekterar biobrånsläts förbränning i pannan inför provmätningarna.

Annars skulle mätanordningen krokna i het-tan, som kan uppgå till 1000°C. Rökgaser sugts ut ur pannan genom röret med en hastighet av 50-100 meter per sekund, vilket kräver en tryckluftdriven ejektorpump.

- Det starka flödet minimerar inverkan av strålningsvärme från pannväggar och flammor samt värmeledning i pyrometern. Dessutom mäter ett termoelement bara sin egen temperatur. Det kraftiga flödet ökar sannolikheten att den uppmätta temperaturen är densamma som rökgasens, förklarar Elisabet.

De praktiska försöken görs i en ångcentral i Kisa. Den aktuella pannan eldas med biobränsle. Förbränningstemperaturen ligger mellan 800 och 1000°C. Peters uppgift är att räkna fram den inverkan som utrustning och pannmiljö har på mätresultatet. Målet är att kompensera för felkällor och få fram mätvärden som ligger närmare sanningen.

### Miljökrav driver på


Det finns ett växande behov av säkrare

mätmetoder. Skärpta miljökrav kräver en allt noggrannare styrning av rökgastemperaturen. I stora pannor handlar det bland annat om att sänka förbränningstemperaturen för att minska utsläppen av kväveoxider. Dessutom kan en tillsats av urea minska utsläppen av kväveoxider, men det fungerar bara inom ett snävt "temperaturfönster". Snävt och snävt förresten, fönstret är 50°C.

- Det är snävt vid dessa temperaturer, säger Elisabet som rekommenderar att man tejpar över decimalerna på mätinstrumentet. De tillför inget i detta fall utan kan istället skapa en falsk trygghet.

Sugpyrometern är en stor och klumpig apparat som kräver tryckluft och kylvatten. Varför inte använda en IR-pyrometer istället?

- Sugpyrometern är den etablerade kontrollutrustningen för rökgastemperatur och kommer så att vara ytterligare några år, svarar Elisabet.

En erfarenhet från detta och tidigare projekt är att termoelement typ N fungerar bättre än typ K, som normalt används i detta temperaturområde. Typ N är stabilare och mer tillförlitligt. 



Sugpyrometern är lång och tung och kräver anslutning till både kylvatten och tryckluft.

## Säker rökgasmätning med IR-pyrometer

IR-pyrometern tar över termoelementens roll för mätning av rökgastemperatur vid förbränning. Tyska Heitronics har flera modeller som är testade och godkända av TÜV enligt europeiska miljökrav och de stränga tyska normerna.

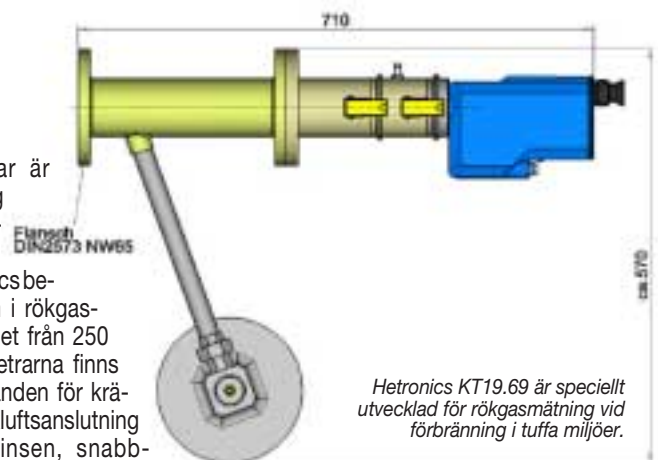


Heitronics KT19.69 i laboratorieutförande.


Heitronics pyrometrar är optimerade för mätning på rökgaser - även genom flammor.

Grunden är Heitronics beprövade modeller som i rökgasfallet täcker mätområdet från 250 till 2 500°C. IR-pyrometrarna finns dessutom i flera utföranden för krävande miljöer med tryckluftanslutning för renblåsning av linsen, snabbanslutning och skyddsglas av safir.

Genom avancerad filterteknik har Heitronics gjort det möjligt att använda IR-pyrometern vid mätning på gas. Mätningen sker inom ett snävt våglängdsområde och är anpassad så att mätresultatet inte påverkas av gastemperaturen nära de kallare pannväggarna.



Heitronics KT19.69 är speciellt utvecklad för rökgasmätning vid förbränning i tuffa miljöer.

Heitronics IR-pyrometrar används på flera hundra anläggningar runt om i världen, bl a i Sverige. Exempel på tillämpningar är ugnar för avfallsförbränning, biobrånslan och destruktion av farligt avfall. 

# Temperatur i djupet

**FRÅGA:** Badsäsongen närmar sig och då vill våra dykintresserade barn alltid veta hur kallt det är några meter under vattenytan. Jag misstänker att temperaturen ändras under tiden som jag drar upp badtermometern för avläsning. Finns någon bra metod att mäta på djupt vatten?

Lars A

**SVAR:** Normalt är vattnet lite varmare vid ytan än några meter längre ned. Lars A har rätt i sin förmodan att badtermometern kan ändra sitt värde under den tid som det tar att dra upp den. Orsaken är att värmeöverföringen är mycket god mellan vatten och termometer. Om man halar upp termometern extremt snabbt gör trögheten i mätsystemet att man kan mäta den önskade temperaturen med en mycket liten avvikelse. Ju långsammare man drar upp termometern desto större blir avvikelsen. Väl uppe i luften blir värmeöverföringen sämre och man kan då snabbt läsa av termometern innan luften och solen hinner påverka värdet nämnvärt.


Vid exempelvis planering av läget för in- och utlopp av kylvatten är det viktigt att man kan bestämma temperaturen som funktion av vattendjupet. Då kan man med hjälp av ett lod sänka ner en elektrisk temperaturgivare med längdmarkerat kablage till aktuella djup och registrera direkt.

## Flaskmetoden

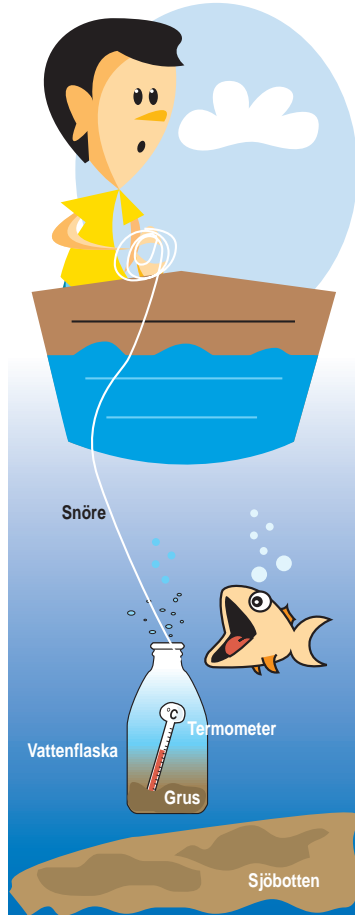
I brist på professionell mätutrustning på badresan kan man använda en tomflaska. Placera badtermometern inuti med lite grus som lodvikt. Flaskan utan kork sänks med snöre till avsett djup. Vänta några minuter tills flaskinnehållet hinner anta omgivningens temperatur. Strömning genom flaskhalsen underlättar förloppet. Vid upptagningen hinner inte vattentemperaturen i flaskan att ändras märkbart innan avläsningen.

För kommersiellt bruk finns en traditionell mätare - rutttermätaren - som har samma funktion som flaskan. Mätaren består i princip av ett rör som

De frågor som vi tar upp här skall ha allmänt mättekniskt och/eller värmtekniskt intresse. **FRÅGA? SVAR!**

kan stängas med två lock. Anordningen hissas ner till rätt djup varefter de fjärstyrda locken stängs. Man halar sedan upp röret med den instängda vattenvolymen och mäter sedan temperatur, syrehalt, föroreningar etc. 

Har du synpunkter eller frågor kontakta professor Dan Loyd, LiTH, på e-post: [danlo@ikp.liu.se](mailto:danlo@ikp.liu.se)




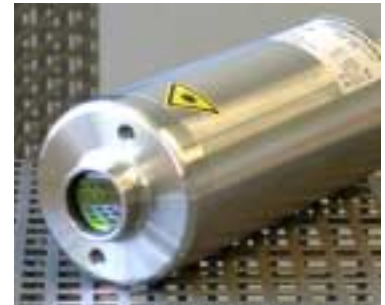
## PRODUKT-NYTT

Årets produktnyheter är samlade på [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se)

### Processpyrometer för hygienkrav

Heitronics har anpassat sin IR-pyrometer i serie CT15 för hygienkrav inom bl a livsmedels- och läkemedelsindustrin. Höljet är byggt i rostfritt stål och uppfyller NEMA 6 och IP67. Stålhöljet är också användbart då man vill mäta i våta miljöer där normalkapslade instrument inte kan användas.


Mättydiameter från 1,7 mm. Svarstid från 30 ms. Mätområde -20 till 900°C. Omgivningstemperatur -20 till 60°C. Valbara parametrar programmeras via serieinterface: Laserpekare, emissionsfaktor, omgivningstemperatur, analog utgång, svarstid, min-max värde samt temperaturenhet. 



### "Portabelt kalibreringslabb"

Jofra ASC 300 mäter och simulerar nästan alla typer av signaler: Termoelement, Pt100, ohm, spänning, ström och frekvens samt tryck med extern modul. Instrumentet är både noggrant och portabelt och kan därför användas både av mätlabb och service som ett spårbarhetsverktyg.

Instrumentet är lämpligt för kalibrering av mätvärdesomvandlare, då det samtidigt kan driva, mäta och simulera utsignalen från transmittern. Den upplysta displayen underlättar arbete ute i processen.

Användarvänligheten gör att det går fort att komma igång med mätningar och att flera personer lätt kan hålla handhavandet i minnet. 



## Salt i badet förbättrar stabilitet

För att ytterligare sänka mätosäkerheten vid jämförelsekalibrering i intervallet 200 - 550°C har Pentronic köpt ett saltbad.


– Vi räknar med att mätosäkerheten förbättras avsevärt jämfört med vårt nuvarande fluidiserande aluminiumoxidbad, säger laboratoriechefen Lars Grönlund.

I det fluidiserande badet används aluminiumoxid i pulverform som kalibreringsmedium. I saltbadet används salt i smält form vilket ger en förbättrad stabilitet.

– Vi hoppas även att vi ska kunna kalibrera Pt 100-givare med kortare instick än idag, säger Lars.

Provkörningarna av badet har nyligen

påbörjats. Innan badet kan tas i full drift ska stabilitet och homogenitet kartläggas, sedan kan en ansökan om förändrad ackreditering skickas till SWEDAC. Under hösten väntas saltbadet vara tillgängligt för uppdrag under ackreditering.

Saltbad är en beprövad teknik som väntas ge oss närmare tre gånger lägre mätosäkerhet vid 500-gradersnivån än vad vi har nu, säger Lars. Pentronics nya bad är tillverkat av Heto som är världsledande på området. 

Rapport från labbet



0076 • ISO 17025

# Bättre mäta än hänvisa till klass A

Det har blivit allt vanligare att användarna specificerar industriella Pt100 temperaturgivare med hänvisning till IEC-normens klass A. Men efter tillverkning kan den kompletta givaren falla utanför A-toleransen. Detta gäller speciellt för mätelemt av filmtyp. Med leveranskalibrering blir givaren noggrannare kartlagd - även om den skulle överskrida normens gränser.

Genom att hänvisa till att Pt100-givarna är tillverkade med mätelemt tagna ur sortering klass A förutsätter många tillverkare att den kompletta givaren med automatik faller inom toleranserna för klass A. Detta är inte alltid sant.

Den verkliga resistansen hos Pt100-givarna är värdefullare att veta än beskedet att mätelemt hämtats ur klass A. Man kan nå klart bättre prestanda med protokollförda individuella leveranskalibreringar av god kvalitet. Det är platinans stabila egenskaper som möjliggör detta. Användarens motprestation blir att hålla ordning på givarindividerna i processen.

Den internationella standarden IEC 60751 indelar Pt100 i två klasser, A och B, enligt figur 1. De industriella mätelemtens platinatråd bearbetas till bestämd diameter

och längd. Med tillhörande värmebehandlings styrs temperatur-resistansförhållandet mot målet - klass A.

Man inser att målet kan omintetgöras om en eller flera av parametrarna platinakvalitet, tråddiameter eller trådlängd avviker från idealvärdena. Mätelemt uppmäts och sorteras av sina tillverkare i klasserna A och B. Snävare selektioner förekommer också vid 0°C. Pentronics leverantör av högkvalitativa trådlindade mätelemt kan styra sin tillverkning så väl att klass A innehålls med god marginal. Det beror på att tråden är till 80 % fri från sin kapsling. Se figur 2.

## Filmelement sprider mest

Filmelement används traditionellt inom vitvarusektorn där kraven på temperaturnivåer och absolutnoggrannhet är begränsade. Argumentet för filmelementen är automatiserad masstillverkning. På senare år har filmelementen blivit vanliga även bland de industriella Pt100-givarna. Tillverkningsprocessen är dock svårstyrd varför de färdiga filmelementens resistanser sprider mera än de trådlindades. Vid sidan av IEC har man därför infört klasserna 2B, C och D för anpassning till hushållssektorn. Även vid temperaturcyklning uppvisar filmtypen sämre stabilitet än element med i det närmaste fri platinatråd. Orsaken är bl a platinaskiktets lösning till material med andra längdutvidgningskoefficienter och föroreningar.

Filmelementens spridning medför att individer som godkänns som klass A kan ligga mycket nära gränsvärdet. Därmed är risken stor att minsta lilla resistansförändring kan få den kompletta givaren att falla utanför klass A. Detta bör beaktas av mättekniker på livsmedels- och farma-

ceutisk industri, medan andra tillämpningar mycket väl kan klara sig med större avvikelser, särskilt om de är kända genom kontrollmätning på komplett givare.

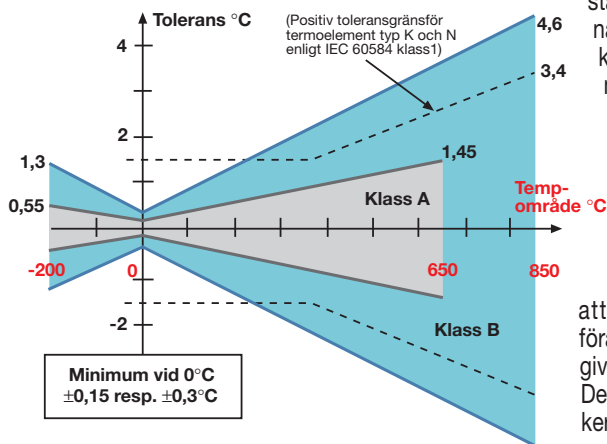
## Fel som påverkar

På kompletta temperaturgivare kan följande fel förekomma:

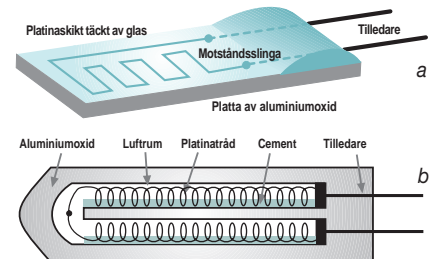
- Det är kritiskt var på mätelemtets "ben" som givartilledarna ansluts. En millimeters avvikelse kan innebära att resistansen faller utanför klass A.
- Två eller tre tilledare, istället för fyra, betyder att uppmätt Pt100-resistans ökas respektive kan förändras i den sammanbyggda mätkedjan.
- Låg isolationsresistans mellan tilledarna p g a fukt eller föroreningar sänker resistansvärdet.

Av de ovan nämnda trådlindade mätelemten är de med dimensioner från Ø 1,5 x 15 mm de stabilaste och lättast att styra mot idealvärdena. Här behöver mätteknikern inte vara orolig för falska uppgifter. Marginal finns för t ex variationer i skarvställe på benen.

Mindre dimensioner eller andra uppbyggnadsprinciper, t ex filmelement, ger inte lika god stabilitet. Hänvisningen till att mätelemtet valts ur klass A kan då bli meningslös. Termoelement uppvisar, trots liknande toleransnivå som Pt100, inte alls samma stabilitet utan kan med högre temperatur och användningstid snabbt avvika utanför sina ursprungstoleranser. Se figur 1.



Figur 1. Den internationella standarden IEC 60751 (1995) indelar Pt100 i två klasser, A och B. Som jämförelse har motsvarande toleranser för termoelement typ K och N lagts in med streckade linjer. Pt100-givare är, trots liknande toleransnivå, avsevärt stabilare än termoelement som kan pendla mellan och utanför gränserna med användningstid och temperatur.



Figur 2. Principskisser: a) Pt100-filmelement. Resistansen är fräst ur ett fixerat platinaskikt. b) Trådlindad Pt100 med 80% fri platinatråd. Rörelsefriheten gör att absolutvärdet kan bestämmas noggrant.

### Kursen Spårbar temperaturmätning 1

Kryssa i anmälan till önskad kurs.

- 15-16 september 2004
- 13-14 oktober 2004
- 10-11 november 2004

### Kursen Spårbar temperaturmätning 2

- 23-25 november 2004

Namn .....

Företag .....

Adress .....

Postnr ..... Ort .....

Telefon ..... Fax .....

E-post .....

### Jag vill ha mer information om:

- IR-pyrometer för rökgaser
- Heto kalibreringsbad
- Hygienisk processpyrometer
- Jofra ASC 300 kalibrator
- Termoelement typ N

### Jag vill ha:

- ..... st extra Kursprogram 2004
- Temperaturhandboken (Katalog)
- Gratis prenumeration av StoPextra
- Ring mig om företagsförlagd kurs



590 93 Gunnebo.  
Fax. 0490-237 66, Tel. 0490-25 85 00  
E-mail: info@pentronic.se

www.pentronic.se/svar

StoPextra 3-2004